

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-022190

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 9/00

H01L 21/68

(21)Application number : 08-168967

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 28.06.1996

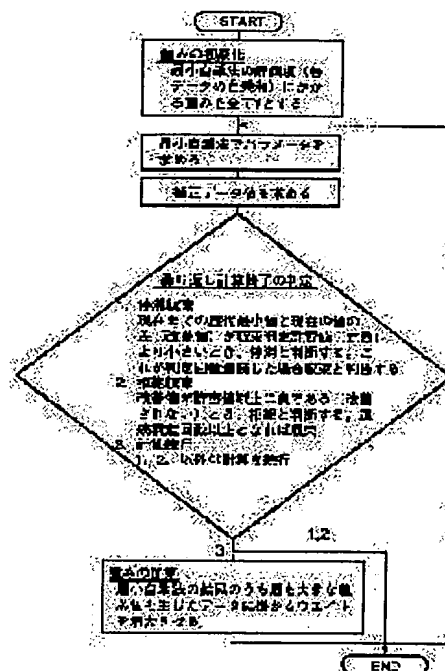
(72)Inventor : AOKI ATSUYUKI

## (54) METHOD FOR CORRECTING ALIGNMENT ERROR IN ALIGNER AND ALIGNER USING IT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a correction parameter deciding method which can be effectively used for correcting the position, etc., of a substrate in an aligner.

**SOLUTION:** The data on the coordinate positions of a plurality of measured alignment marks provided on a substrate on a prescribed coordinate system are obtained by measuring the positions of the alignment marks and corrected coordinate position data are found by converting the obtained coordinate position data by using a function containing at least one correction parameter for correcting data. Then, the correction parameter is decided so that the maximum values of the deviations between the corrected coordinate position data and designed coordinate positions can become the minimum.





(2)

特開平10-22190

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の複数のマークの位置を測定して所定の座標系における該測定された複数のアライメントマークの座標位置のデータを取得し、得られた複数のデータを、該データを補正する少なくとも1つの補正パラメータを含む関数により変換することにより補正された位置座標データを求め、前記補正された複数の座標位置データとそれぞれの設計上の座標位置との偏差のうちの最大の偏差が略最小となるように前記補正パラメータを決定することを特徴とする基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項2】 前記補正パラメータを決定するに際して、重み付き最小自乗法により補正パラメータを求め、求めた補正パラメータによって計算した補正座標位置データと前記設計上の座標位置との偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことにより漸近的に前記最大偏差を略最小にすることを特徴とする請求項1に記載の基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項3】 請求項2に記載の方法において、最大偏差の最小値の所定許容幅を設定し、前記重み付き最小自乗法を行って得た補正データと前記設計上の座標位置の最大偏差を求めたたびごとに、そのときの最大偏差と歴代最小の最大偏差とを比較し、そのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差に対する前記所定許容幅に入るか、またはそのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差より大きくなるかが所定回数連続した場合に最大偏差が略最小に達したと判断して補正パラメータを決定することを特徴とする基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項4】 前記補正方法はマスク上に形成されたパターンを露光基板上に露光転写する半導体または液晶製造用の露光装置における重ね合わせ露光時に適用される方法であり、前記基板は感光基板であり、前記アライメントマークは基板上にすでに露光されているパターンに付随するアライメントマークであることを特徴とする請求項1項乃至3項のいずれかに記載の基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項5】 前記補正パラメータは基板位置の傾ずれ、回転、マスク上のパターンを基板上に投影する際の倍率、または基板上でのパターン配列の直交度の少なくとも一つに関わることを特徴とする請求項4に記載の基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項6】 マスクを介して感光基板を露光することによりマスクに形成されたパターンを該基板上に転写する半導体または液晶表示デバイス製造用の露光装置であって、基板上にすでに露光されているパターンに付随する複数のアライメントマークの装置内の所定の座標系における座標位置を検出して座標位置データを取得する座標位置検出手段と、

2

得られた複数のデータを、該データを補正する一つまたは複数の補正パラメータを含む関数により変換することにより該座標位置データを補正する手段であって、前記補正された複数の座標位置データとそれぞれの設計上の座標位置との偏差のうちの最大の偏差が略最小となるように前記補正パラメータを決定する座標位置データ補正手段と、

該決定された補正パラメータを用いて、前記基板にすでに形成されているパターンに対して前記マスクに形成されたパターンを重ね合わせ露光する際の基板位置の補正を行う基板位置制御手段と、を有することを特徴とする露光装置。

【請求項7】 前記座標位置データ補正手段は前記補正パラメータを決定するに際して、重み付き最小自乗法により補正パラメータを求め、求めた補正パラメータによって計算した補正座標位置データと前記設計上の座標位置との偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことにより漸近的に前記最大偏差を略最小にすることを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】 前記座標位置データ補正手段は前記補正パラメータを決定するに際して、最大偏差の最小値の所定許容幅を設定し、前記重み付き最小自乗法を行って得た補正データと前記設計上の座標位置の最大偏差を求めたたびごとに、そのときの最大偏差と歴代最小の最大偏差とを比較し、そのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差に対する前記所定許容幅に入るか、またはそのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差より大きくなるかが所定回数連続した場合に最大偏差が略最小に達したと判断して補正パラメータを決定することを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

【請求項9】 前記補正パラメータは基板位置の傾ずれ、回転、マスク上のパターンを基板上に投影する際の倍率、または基板上でのパターン配列の直交度の少なくとも一つに関わることを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項10】 露光装置の作動精度に関わる複数の量を調整する方法であって、該複数の量の測定データを取得し、該複数の量を調整する調整パラメータを含む関数により前記取得した複数のデータを変換して複数の補正データを得、該補正データのそれぞれと前記複数の量のそれぞれの理想値との偏差のうちの最大の偏差が略最小となるように前記調整パラメータを決定し、該決定された調整パラメータに基づいて装置の調整を行うことを特徴とする露光装置の調整方法。

【請求項11】 前記パラメータを決定するに際して、重み付き最小自乗法によりパラメータを求め、求めたパラメータによって計算した前記複数の補正データとその各理想値との偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すこと

(3)

特開平10-22190

3

4

により漸近的に前記最大偏差を略最小にすることを特徴とする請求項10に記載の露光装置の調整方法。

【請求項12】 測定により得られメモリに格納された複数の一次元または多次元のデータを、一つまたは複数のパラメータを含む線形または非線形の変換関数により変換した補正データをデジタルプロセッサにより計算することにより、複数の該補正データとそれぞれのデータの理想値との偏差のうち最大のものを最小にするパラメータを求める方法において、前記補正データを求めるにあたって、重み付きの最小自乗法を利用してパラメータを求め、そのパラメータによって得られる補正データのそれぞれの理想値との偏差算出し、該偏差が最大となるデータの重みを大きくして再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことによりすべての補正データとそれぞれの理想値との偏差の最大値を略最小とするように前記パラメータを決定することを特徴とするデータ補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、フォトマスクあるいはレチクル上に形成されたパターンの像を、感光基板（ウエハ）上に投影光学系を介してまたは直接投射して感光基板を露光することによりパターンを転写する半導体または液晶製造用露光装置に関するものであり、特に上記のような露光装置において感光基板を所定の露光位置に位置合わせするためのアライメントマークの位置補正に用いて好適なデータ補正方法に関わる。

【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子又は薄層磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下「レチクル」と総称する）のパターン像を投影光学系を介して感光材が塗布されたウエハ上の複数のショット領域に投影する投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置として近年は、ウエハを2次元的に移動自在なステージ上に載置し、このステージによりウエハを歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像をウエハ上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の露光装置、特に、縮小投影型の露光装置（ステッパー）もある。

【0003】例えば半導体素子はウエハ上に多数層の回路パターンを重ねて形成されるので、2層目以降の回路パターンをウエハ上に投影露光する際には、ウエハ上にすでに露光されている回路パターンとこれから露光されるべきレチクルのパターン像との位置合わせ、即ちウエハとレチクルとの位置合わせ（アライメント）を正確に行う必要がある。従来のステッパー等におけるウエハの位置合わせ方法としては、次のようなエンハンス・グローバル・アライメント（以下、「EGA」という）方式が使用されてきた（例えば特開昭61-44429

号公報参照）。

【0004】このEGA方式では、ウエハ上には、ウエハマークと呼ばれる位置合わせ用のマークをそれぞれ含む複数のショット領域（チップパターン）が形成されており、これらショット領域は、予めウエハ上に設定された配列座標に基づいて規則的に配列されている。しかしながら、ウエハ上の複数のショット領域の設計上の配列座標値（ショット配列）に基づいてウエハをステッピングさせても、例えばウエハの残存回転誤差、ステージ座標系（又はショット配列）の直交度誤差、ウエハの線形伸縮（スケーリング）、ウエハ（中心位置）のオフセット（平行移動）、などの要因により、ウエハが正確に位置合わせされるとは限らない。

【0005】これらの諸誤差に基づくウエハの座標変換は6つのパラメータを含む一次変換式で記述できる。そこで、ウエハマークを含む複数のショット領域が規則的に配列されたウエハに対し、試料座標系としてのウエハ上の座標系（x, y）の座標値を、静止座標系としてのステージ上の座標系（X, Y）の座標値に変換する一次変換モデルを、6個の変換パラメータa～fを用いて次のように表現することができる。

【0006】

【数1】

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

【0007】この変換式における6個の変換パラメータa～fは、例えば最小自乗近似法により求めることができる。この場合、ウエハ上の複数のショット領域（チップパターン）の中から幾つか選出されたショット領域（以下、「サンプルショット」という）の各々に付随した座標系（x, y）上の設計上の座標がそれぞれ（x1, y1）、（x2, y2）、・・・、（xn, yn）であるウエハマークに対して所定の基準位置への位置合わせ（アライメント）を行う。そして、そのときのステージ上の座標系（X, Y）での座標値（xM1, yM1）、（xM2, yM2）、・・・、（xMn, yMn）を算出する。

【0008】また、選出されたウエハマークの設計上の配列座標（xi, yi）（i=1, ・・・, n）を上述の1次変換モデルに代入して得られる計算上の配列座標（Xi, Yi）とアライメント時の計測された座標（xMi, yMi）との差（Δx, Δy）をアライメント誤差と考える。この一方のアライメント誤差Δxは例えば（Xi - xMi）<sup>2</sup>のiに関する和で表され、他方のアライメント誤差Δyは例えば（Yi - yMi）<sup>2</sup>のiに関する和で表される。

【0009】そして、それらアライメント誤差Δx及びΔyを6個の変換パラメータa～fで順次偏微分し、その値が0となるような方程式をたてて、それら6個の連立方程式を解けば6個の変換パラメータa～fが求めら

(4)

特開平10-22190

5

れる。これ以降は、変換パラメータ $a \sim f$ を係数とした一次変換式を用いて計算した配列座標に基づいて、ウエハの各ショット領域の位置合わせを行うことができる。あるいは、一次変換式では近似精度が良好でない場合には、例えば2次以上の高次式を用いてウエハの位置合わせを行うようにしてもよい。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】以上に述べたように、露光装置における重ね合わせ露光時の位置補正の場合には、ウエハ上の複数の測定点の位置（前回の露光でウエハ上にすでに形成されているアライメントマーク位置）を測定し、その測定値と理想値（レチクルにより規定される次に行うべき露光時の適正位置）の偏差を小さくするようにウエハのシフト（横ずれ）、倍率、回転、ウエハ上でのショット領域配列の直交度などをパラメータとする線形（場合によっては非線形）関数による補正を行う。この例のように複数の一次元または多次元のデータ（あるいは測定値）とその理想値に対して、1つまたは複数のパラメータを含む線形または非線形関数による補正を行うに際して、補正されたデータと理想値の偏差を小さくするパラメータを求める問題において、最小自乗法がしばしば用いられる。特に露光装置における重ね合わせ露光時の位置補正においても、最小自乗法は主要な手段として用いられてきた。

【0011】しかしながら、最小自乗法は補正されたデータと理想値との偏差（誤差）の標準偏差を最小とするための最適解を求める手法である。従って最小自乗法を用いてパラメータを求める場合、偏差はいわば平均的には小さくなり得るが、一つあるいは少数のデータにおいて大きな偏差が残るということもあり得る。なぜなら最小自乗法は標準偏差を最小にする手法であるので、大きな偏差を持つデータが少数あっても、他の大多数のデータの偏差が小さければ、それらの小さな偏差によって大きな偏差がいわば吸収されてしまうからである。

【0012】ところが例えば半導体や表示装置用の液晶の製造用の露光装置における重ね合わせ等においては、大きな偏差を持つデータが一つでもあると、製品自体が不良品になってしまう。言い換えると半導体デバイス、液晶デバイスにおいては全体としての偏差の平均的な大きさよりも偏差の最大値が製品性能に対して支配的である。この例のように最小自乗法のように平均的な偏差（この場合標準偏差）を最小にすることが必ずしも産業上の最適解とはならない場合がある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明はデータ補正計算を行う際に、全ての偏差の絶対値の最大値を最小とする補正を行う方法を提供し、これを露光装置・測定器に適用するものである。このように複数のデータの偏差の最大値を最小にする補正関数を求めることは一部の従行法では可能ではある。しかし従行法ではデータおよびパラ

6

メータの数、想定する写像式によって算出方法を変更する必要があり複雑になるという問題。また収束に時間がかかるので特に装置のスループットに影響を与える基板のアライメント等に用いるには不適切であるという問題。更にパラメータの数の多い多次元問題ではデータが適正化される方向を見い出すことが困難であり、最適解に遠いところで収束する場合があるという問題などがあり適切な方法ではない。また解析的でないので自動計算が難しいという難点がある。

【0014】そこで本発明は以下のような方法を用いる。すなわち複数の一次元または多次元のデータを測定・計測等により取得し、そのデータの値の理想値に対し、データを1つまたは複数のパラメータを含む線形または非線形関数により補正し、補正されたデータと理想値の偏差を小さくするパラメータを求める問題において、重み付きの最小自乗法を利用しパラメータを求めた後にそのパラメータによって得られる偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付きの最小自乗法を行うことを繰り返すことで全ての補正データ・理想値間の偏差の絶対値の最大値を最小に抑えることを自動計算で行うものとした。

【0015】あるいは、複数の一次元または多次元のデータを、1つまたは複数のパラメータによる線形または非線形関数で近似（フィッティング）する問題に関しても同方法が利用できる。

【0016】具体的な式を使い近似の例で説明する。

今、 $N$ 対のデータ $(X_i, y_i)$ があるとし、 $f(x) = ax + b$ の一次式でこれを近似する場合を想定する。

【0017】重み付き最小自乗法では評価関数と呼ばれる関数を、

【数2】

$$S = W \cdot \left\{ \sum \{ f(x_i) - y_i \}^2 \right\}$$

とにおいて、

【数3】

$$\partial S / \partial a = 0$$

$$\partial S / \partial b = 0$$

を満足する $a$ 、 $b$ すなわち、

【数4】

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum w_i x_i^2 & \sum w_i x_i \\ \sum w_i x_i & \sum 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum w_i x_i y_i \\ \sum w_i y_i \end{bmatrix}$$

を求めることになる。ここで $w_i$ は各点にかかる重みである。なお、通常の最小自乗法はすべての $w_i$ が1となる特殊な場合と考えればよい。

【0018】さて、本発明の方法はここで計算処理を終了せずに以下の継続処理を行う。まず上記で得られたパラメータ $a$ 、 $b$ を用い、各データの偏差（近似誤差）、 $\Delta y_i = |f(x_i) - y_i|$

(5)

特開平10-22190

8

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_x & -(\theta+\theta) \\ \theta & \gamma_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$$

を求め、このうち最大のものを捜す。次に最大の偏差を持つ点にかかる重みを

$$W_i \leftarrow W_i + \Delta W_i$$

の値に加算する。 $\Delta W_i$  は各点ごとに定数としても良い。

【0019】このあと再度重み付き最小自乗法を繰り返していき、このように、逐次最大偏差を持つ点の重みを大きくするという重み付き最小自乗法を繰り返すことで最大偏差が徐々に小さくなっていく。

【0020】計算回数と最大偏差の関係を図1に示す。計算を繰り返すうちに最大偏差の低減が鈍くなる。ここで計算の収束を判断し、繰り返しを中止する。収束の状態は2種類考えられ、これを基準に繰り返し計算の中止を判定する。1つは、特定回数連続で最大偏差が大きく変化しない場合(図1(a))、もう一つは特定回数連続で最大偏差が歴代最小の最大偏差値より大きい場合(図1(b))である。

【0021】なお、最大偏差が歴代最小の最大偏差値より大きい小さいかの判断にはあらかじめ決めた量の許容誤差帯を設けて判断するのが好ましい。すなわちいったん歴代最小の最大偏差値 $\Delta y_{min}$ を得ることができたならば、 $(\Delta y_{min} - \varepsilon, \Delta y_{min} + \varepsilon)$ の許容誤差帯を設定する( $\varepsilon$ は許容誤差)。以降最大偏差を算出するたびに、この許容帯より上方にあれば大きい、下方にあれば小さい、許容帯の中にあれば同等という様に結果を3種類に判断する。

【0022】あらかじめ決めた回数連続的に「同等」である、またはあらかじめ決めた回数連続的に「同等」または「大きい」状態となったならばこれ以上有意義な数値の改良は望めないと判断して計算を打ち切る。そして歴代で最小の最大偏差を得る重みを最終結果として採用する。以上に説明した本発明の方法をフローチャートとして図2に示す。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明により、特に半導体製造装置製品の仕様のなかで標準偏差ではなく最大値、最小値、最大値-最小値でその特性を規定されるものの性能を向上できる。特に半導体または液晶用露光装置における重ね合わせの際のアライメント時に行われるパラメータの算出計算に利用できる。

【0024】この計算とは重ね合わせ露光の際に目標デバイス上にすでに形成されている複数のアライメントマークを測定した後にこの測定結果を用いて重ね合わせ露光すべきパターンの座標補正パラメータを求めることである。これらパラメータとはx、y両方向のシフト、x、y両方向の倍率、パターン配列の回転、配列の直交度などがある。2次元座標x、yに対しての各パラメータの作用は、

【数5】

50 【実施例】以下に本発明の実施例としての半導体または

で表すことができる。ここで、 $\eta$ はx、yシフト、 $\gamma_x$ 、 $\gamma_y$ はx、y倍率、 $\theta$ はパターン配列の回転、 $\phi$ は配列の直交度である。また、x、yは各マークの理想値に対する測定された偏差、X、Yはマークの設定された座標位置、x'、y'はパラメータを作用させた後の残留の座標偏差である。x、y、X、Yはマークの数だけ存在する。

【0025】すべてのx、yに対し本発明で得られるパラメータを求めることができれば、今までの方法に比べ、 $|x'|$ 、 $|y'|$ の最大値を小さくすることができる。この式の場合、評価関数は、

$$S = \sum (Wx'^2 + Vy'^2)$$

となる。w、vはそれぞれx、y座標にかかる重みである。プロセスによってはx、y両軸のうち片軸の品質がより重要となる場合があり、この様な場合では重要な軸の重みを高めに設定しても良い。x、yの重要性が同等であるならばw=vとして計算を進める。

【0026】半導体や液晶デバイスの製造では、重ね合わせ時の誤差が重要な性能要因であることは勿論であるが、その中には他点の重ね合わせ誤差がそこそこであっても1点でも大きな誤差があれば全体としての性能が不良となるデバイス種類がある。この種のデバイスでは従来のような最小自乗法を利用した方法では不良率が高い、製品性能が低いという欠点があった。これに対し本方法を利用すればこの様な欠点を低減することができ、良品率の向上、製品性能の向上が期待できる。

【0027】補正の方法による補正と従来の方法による補正との違いの実例を説明する。まず、簡単な例としてx、y方向のシフトのみを補正する場合を説明する。

今、デバイス上のパターンが図3(a)の左側の様に点線で描かれた一部に歪みをもつ格子で形成されているとする。アライメントの際はこれら格子点のいくつかの点の位置を測定する。従来の最小自乗法でこの測定結果からパラメータを求めた上でパターンを重ね合わせ露光すると図3(b)のようになる。デバイスの右上にあるパターンの歪み以外の点ではよく重ね合わせされている反面歪みのある場所では重ね合わせの誤差が大きいことがわかる。これに対し本発明の方法で重ね合わせ座標を求めた場合図3(c)のようになる。図3(b)では大きかった右上部分の誤差が低減されている。

【0028】半導体・液晶デバイスにおいてはデバイス内の最大のずれが製品性能に対し支配的である場合が多く、このような場合に本発明の方法は的確な補正方法を提供できる。

【0029】

(6)

特開平10-22190

9

10

液晶製造用の露光装置を説明する。図5は実施例の装置を概略的に説明する図である。該装置は装置内に設置されたレチクル（フォトマスク）4上のパターンを投影光学系5を介してステージ8上に載置された感光基板（ウエハ）7上に投影し露光する。

【0030】ステージ8は制御部11の制御に従って駆動部10により基板7の投影光学系の光軸に垂直な面内で互いに垂直なX方向、Y方向に移動可能である。ステージの移動量あるいは位置はX方向、Y方向に対してそれぞれ設けられた干渉計9（一方のみ図示している）によって例えば0.01μm程度の分解能で常時計測される。干渉計9は装置本体に対して固定されており装置内での絶対座標系であるステージ座標系を構成する。

【0031】例として図5に示したレチクル4上には2つのレチクルアライメントマーク4a、4bが形成されている。露光装置はレチクルアライメント光学系1a、1bを備えており、これらによりレチクルアライメントマーク4a、4bをそれぞれ観測してレチクルを所定位置に位置合わせする。レチクルアライメント光学系1a、1bはそれぞれアライメントセンサ2a、2bおよび対物レンズ3a、3bを有する。レチクルアライメント光学系1a、1bは装置本体に対して（言い換えると投影光学系の光軸に対して）所定位置に固定されているのでレチクル4のレチクルアライメントマーク4a、4bがそれぞれレチクルアライメント光学系1a、1bの観測点と一致するようにレチクル4を設置することで、レチクルが所定の位置に位置合わせされる。レチクルアライメント光学系の構成、およびそれを用いた位置合わせの方法には種々のものがあるが、それぞれ公知であるので詳細な説明は省略し、以上に略述するに留める。

【0032】露光装置は基板アライメント光学系6a、

\* 重ね合わせ用アライメントマークの設計上の位置とそれに対する測定位置の位置誤差（単位【μm】）

番号	マーク位置x	マーク位置y	位置誤差x	位置誤差y
1	50000	50000	0.4000	-0.2000
2	-50000	50000	0.2000	0.4000
3	-50000	-50000	-0.6000	0.2000
4	60000	-50000	-1.2000	-0.9000

【0036】ここで補正前の測定された位置において最大偏差は4番目のマークのX座標の誤差量1.2000μmである。

【0037】ここでは補正パラメータをx、yシフトε、ηおよび回転θの3つとして計算実施した。この場合位置補正の変換式は次のようになる。

【数6】

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon \\ \eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\theta \\ \theta & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$$

評価関数は前述の通り

$$S = \sum (Wx'^2 + Vy'^2)$$

\* 6bを備えておりこれによりステージ8上に載置された基板のアライメントを行う。具体的には基板アライメント光学系6a、6bの観測位置に基板上に半導体あるいは液晶の回路パターンとともにすでに形成されているアライメントマークを一致させるようステージ8を動かし、その際の干渉計9の計測値によりアライメントマークのステージ座標系における測定座標位置が得られる。なおレチクルアライメント光学系と同様に基板アライメント光学系の構成も様々な公知の方法があるが、ここでは説明は省略する。

【0033】得られた測定座標位置は露光装置に設けられたメモリに格納される。メモリに格納された該測定座標位置データを用いて、同じく露光装置に設けられたマイクロコンピュータなどのデジタルプロセッサにより本発明の方式に従った補正パラメータの演算を行い、該演算により得られたパラメータに従って、ステージ8を移動させる。例えば基板のシフトに関しては得られたX、Yシフトのパラメータに従ってステージをX方向、Y方向にシフトさせる。倍率の補正はレンズ内部の空圧を変化させるなどの方法でレンズ倍率を調整する。その他それぞれのパラメータに従った位置補正を行い、その後補正された位置において重ね合わせ露光が行われる。

【0034】以下において、基板上にx、y2方向に位置測定できるアライメントマーク4つが配置されている場合に本発明の補正方式を適用したシミュレーションの一例を示す。

【0035】おのおののマークの設計上の座標位置とそれに対するマークの測定位置の誤差は次の表1の通りとする。

30 【表1】

である。

【0038】下の表2が計算実施の途中経過を含んだ結果である。計算回数は本発明の方式により行った繰り返し計算の数である。これが0のときは元々のマークのズレ量を表している。また、1のときは各位置誤差の重みw、vをすべて等しくした従来の最小自乗法に従って計算している。2回目以降は前回の計算で最大偏差を示したデータの重みを大きくして計算する。表2のように本方法を使いさらに計算回数を重ねていくに従って徐々に最大のズレ量が低下していった。

50 【0039】最終的には最小自乗法の解が0.4250

(7)

待開平 10-22190

11

12

【μm】であるのに対し、本方法では0.3576【μm】まで補正することができる。

\*

## 重ね合わせパラメータの計算の実例

point	1		2		3		4		
loop	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	最大偏差
0	0.4000	-0.2000	0.2000	0.4000	-0.6000	0.2000	-1.2000	-0.8000	1.2000
1	0.1750	0.4250	0.0250	0.0250	0.2750	-0.1750	-0.4250	-0.3750	0.4250
2	0.1833	0.4307	-0.0387	0.0167	0.3533	-0.2833	-0.3407	-0.2133	0.4867
3	0.1768	0.4286	-0.0245	-0.0194	0.3248	-0.2194	-0.3750	-0.2704	0.4286
4	0.1861	0.3893	-0.0339	-0.0492	0.3006	-0.2492	-0.3894	-0.3147	0.3994
5	0.1723	0.4264	-0.0275	-0.0388	0.3008	-0.2580	-0.3362	-0.2788	0.4294
6	0.1633	0.3937	-0.0367	-0.0358	0.3426	-0.2858	-0.3572	-0.3083	0.3937
7	0.1646	0.3836	-0.0466	-0.1091	0.3273	-0.3091	-0.3727	-0.3264	0.3727
ave	0.1280	0.2876	-0.0720	-0.1573	0.3420	-0.3573	-0.3572	-0.3424	0.3576

以上のような本発明の方法により、例えば4つのアライメントマークの位置ずれが図4(a)の4つのベクトルで表されているときも、本実施例のようにして求めたx,yシフトおよび回転のパラメータに従って図4(b)の点線で描いた位置まで基板を動かすことにより偏差の最大値を図のように低減することができる。

【0040】なお、同様にこれをプロセスの補正として考えても同様の効果がある。すなわち、すでに一度重ね合わせ露光が終了した基板のパターンの重ね合わせ状態が測定されているとする。表1をそのパターンの位置、及び重ね合わせられるパターンに対する重ね合わせパターンのズレ量というように見なせば、この例をプロセス改良のためのパラメータ算出に使用できる。つまり一度試験露光を行った後に適正なパラメータをパターンの重なり状態の測定から求めて実際の露光にはその補正値を作用させることでより的確な補正値を求めるという方法である。

【0041】以上の実施例の露光装置では位置測定を露光装置自体を用いて行っているが、別途測定装置を用いても良い。またこのときの補正計算も本実施例では露光装置自体のプロセッサで行っているが、上記別途の測定装置または更に他の計算機でおこなっても良い。

【0042】また、この計算方法をレチクル側の位置合わせに適用することも可能である。一般にレチクルのアライメントはレチクル上に形成される2点以上のアライメントマークを装置上のアライメントセンサに位置合わせを行うことでなされている。

【0043】例えば図5の様なアライメントマーク、および図5のレチクルアライメントセンサ1a、1bを持つ装置の場合でアライメントが行われそれぞれの点でx・yの誤差をもってアライメントが終了したとする。この場合にx・yシフト、倍率、回転(ξ、η、γ、θ)の補正を施せば、x・yの誤差は、下記式x'・y'となる。

【数7】

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma & -\theta \\ \theta & \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

このときの適正な各パラメータ(ξ、η、γ、θ)は、 $S = \sum (Wx'^2 + Vy'^2)$

を評価関数として本方式にのっとり算出すればよい。

【0044】さらに液晶デバイスでは画面歪み、画面歪み部での隣接するパターンの重ね合わせ差が重要なファクタとなるが、本方法の適用が可能である。

【0045】露光装置自体の装置製造工程(すなわち装置の調整、検査工程)、および半導体や液晶製造工程におけるプロセス技術においても本方法を適用することが可能である。

【0046】実際の装置調整工程においては装置の微調整というべき工程がある。これは例えば露光装置の重ね合わせ精度、レンズのディストーション、画面歪み精度などが重要な装置性能であり、それぞれが規格値を満たすように調整されていなければならない。このために機械的又は電気的な調整が必要であるが最終段階においては装置ごとに固有の誤差が残存することになる。この残存誤差、いわば装置の癖を取り除くために装置に対する調整値を求めて記録するという方法がとられる。

【0047】すなわち例えば重ね合わせの検査を行った場合に上記ξ・η・γ、γ・θ・φの一定の誤差が起こるとした場合、これらの量を装置に記録し、露光する際にはこれら量を調整して露光座標を求めるようにするのが合理的である。

【0048】調整値は装置の制御装置(コンピュータなど)に記録されていけばよい。この調整値の算出の際に従来技術の最小自乗法を用いれば、標準偏差を最小とする最適化調整が可能となる。

【0049】一方装置精度の規格の中には標準偏差では



(8)

特開平10-22190

13

なく最大値・最小値で規定されているものがあり、このような規格の場合は最小自乗法の解は必ずしも最適解とはなり得ない。本方法を使用すればこのような場合にも最適解が得られることが可能であり、装置製造工程においては装置精度調整を合理化することが可能であり、装置を使用した半導体などの製造工程においてより厳密に調整された装置を使用できるというそれぞれ利点がある。

【0050】また、半導体製造工程においてはさらに本方法を利用し、生産工程の改善を實施することが可能である。生産工程では前述の装置の残存誤差と同様な露光装置装置要因ではない残存誤差が存在する。例えば露光工程以外の工程では基板を高温処理する工程があり、基板の熱膨張の影響が残る場合がある。このような誤差要因によって露光工程において前述の重ね合わせ精度などの精度に問題が生ずる場合がある。

【0051】この場合も前述の露光装置の調整作業と同様の手法でプロセスの適正調整を行なうことが可能である。すなわち、前述の調整が装置個体の調整であったのに対し、ここでいう調整とはプロセスの調整、つまり半導体などの生産プロセス個々に対する露光装置の調整である。

【0052】前述方法と同様、これら調整値を算出し装置内部にプロセスごとの調整値として記録しておけばプロセスの改善が可能となる。この場合にも本方法を適応すればプロセスの適精度を高めることが可能となり半導体などの性能の向上および良品率の向上に対し有益に作用する。

【0053】上記で説明した装置調整方法又はプロセス調整方法に関しては前述基板アライメントの場合のxシフト・yシフト・x倍率・y倍率・基板回転・配列直交度の調整の他、マスクのxシフト・yシフト・倍率・マスク回転の調整にも適用可能である。

【0054】なお、装置調整工程においてはアライメント関連の調整工程のみならず、機械的・電気的な調整に関しても応用可能である。たとえば、装置の投影レンズのディストーションの規格は一般的に「最大」で規定されており、この規格に適合すべく調整がなされる。

【0055】投影レンズ内の複数の光学レンズ間の距離・傾き、を微調整すればディストーションの特性が変化することを利用してディストーション調整が行われる。現状のディストーションのデータおよび光学レンズ間の\*

14

\*距離・傾きの変化に対するディストーションの変化量の関係を元に微調整すべきレンズ間の距離・傾きを求めることができる。現状では最小自乗法による算出が一般的である。この場合にも、本方法を使用すればより適正な微調整をもとめることが可能であり、結果として調整の合理化を図ることが可能である。

【0056】このほかにも、複数のデータからより適正なパラメータを求めるという算出をする問題である限り、本発明の方法は広く利用可能である。

10 【0057】

【発明の効果】半導体・液晶デバイスにおいてはデバイス内の最大のずれが製品性能に対し支配的である場合が多く、このような場合に本発明の方法は的確な補正方法を提供できる。即ち通常の最小自乗法に比べ、より的確な補正方法を提供するため、製品の性能を向上させることができる。また歩留りの向上にも貢献する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)はそれぞれ本方法による最適化の収束の様子を示すグラフである。

【図2】本発明の計算方法のフローチャートである。

【図3】本方法と従来方法による結果の差の一例を示す図である。

【図4】重ね合わせの位置ずれ補正の一例を示す説明図である。

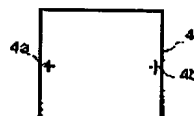
【図5】本発明の実施例の露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図6】図5の実施例の装置に用いられるレチクルの一例を示す図である。

【符号の説明】

- 30 1a, 1b: レチクルアライメント光学系  
2a, 2b: アライメントセンサ  
3a, 3b: 対物レンズ  
4: レチクル  
5: 投影光学系  
6a, 6b: 基板アライメント光学系  
7: 基板  
8: ステージ  
9: 干渉計  
10: 駆動部  
11: 制御部

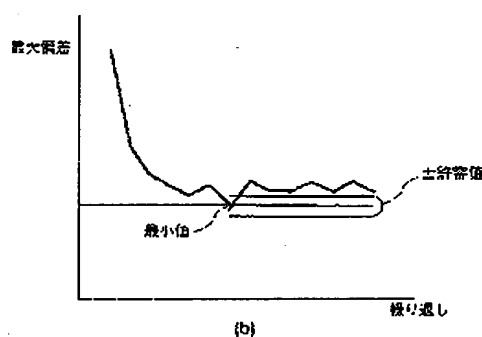
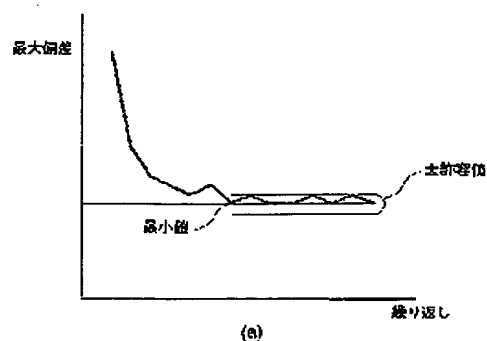
【図6】



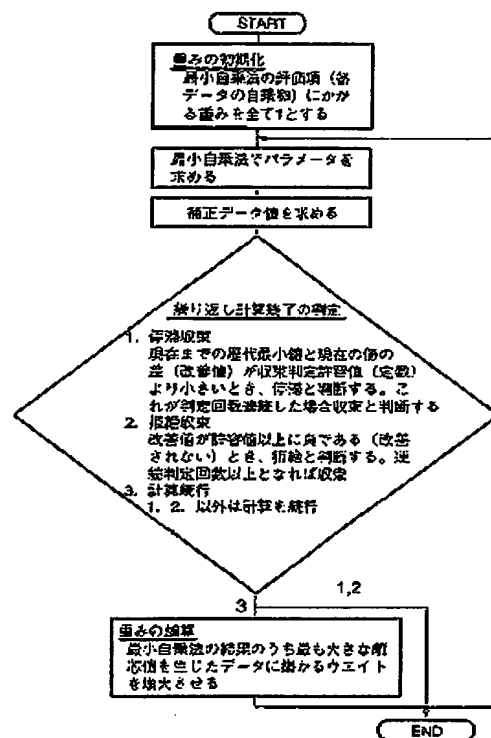
(9)

特開平10-22190

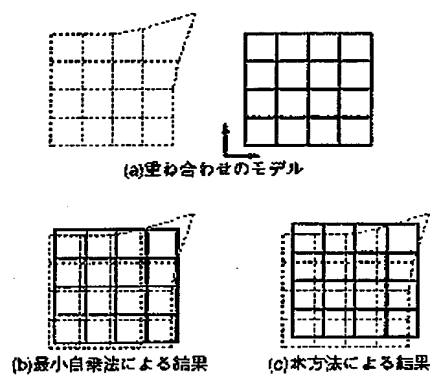
【図1】



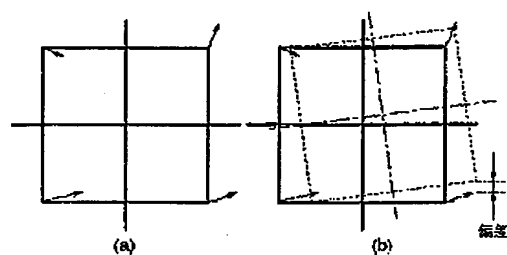
【図2】



【図3】



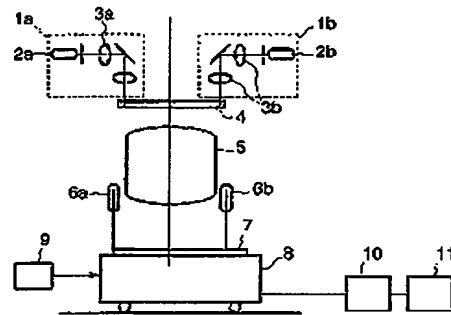
【図4】



(10)

特開平 10-22190

【図5】



JP 1998-22190 A5 2004.7.22

【公報種別】 特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】 第7部門第2区分  
 【発行日】 平成16年7月22日(2004.7.22)

【公開番号】 特開平10-22190  
 【公開日】 平成10年1月23日(1998.1.23)  
 【出願番号】 特願平8-168967  
 【国際特許分類第7版】

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 9/00

H 0 1 L 21/68

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 2 5 W

G 0 3 F 9/00 H

H 0 1 L 21/68 G

H 0 1 L 21/30 5 1 6 B

【手続補正書】  
 【提出日】 平成15年6月27日(2003.6.27)  
 【手続補正1】  
 【補正対象書類名】 明細書  
 【補正対象項目名】 特許請求の範囲  
 【補正方法】 変更  
 【補正の内容】  
 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板に形成された複数のアライメントマークの位置を測定して所定の座標系における該測定された複数のアライメントマークの座標位置のデータを取得し、得られた複数のデータを、該データを補正する少なくとも1つの補正パラメータを含む関数により変換することにより補正された位置座標データを求め、前記補正された複数の座標位置データとそれぞれの設計上の座標位置との偏差のうちの最大の偏差値が略最小となるように前記補正パラメータを決定することを特徴とする基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項2】

前記補正パラメータを決定するに際して、重み付き最小自乗法により補正パラメータを求め、求めた補正パラメータによって計算した補正座標位置データと前記設計上の座標位置との偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことにより漸近的に前記最大の偏差値を略最小にすることを特徴とする請求項1に記載の基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項3】

請求項2に記載の方法において、最大偏差の最小値の所定許容幅を設定し、前記重み付き最小自乗法を行って得た補正データと前記設計上の座標位置の最大偏差を求めたたびごとに、そのときの最大偏差と歴代最小の最大偏差とを比較し、そのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差に対する前記所定許容幅に入るか、またはそのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差より大きくなるのが所定回数連続した場合に最大偏差が略最小に達したと判断して補正パラメータを確定することを特徴とする基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項4】

前記補正方法はマスク上に形成されたパターンを感光基板上に露光転写する半導体または液晶製造用の露光装置における重ね合わせ露光時に適用される方法であり、前記基板は感光基板であり、前記アライメントマークは基板上にすでに露光されているパターンに付随するアライメントマークであることを特徴とする請求項1項乃至3項のいずれかに記載の

(2)

JP 1998-22190 A5 2004.7.22

基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項5】

前記補正パラメータは基板位置の横ずれ、回転、マスク上のパターンを基板上に投影する際の倍率、または基板上でのパターン配列の直交度の少なくとも一つに関わることを特徴とする請求項4に記載の基板の位置合わせ誤差補正方法。

【請求項6】

マスクを介して感光基板を露光することによりマスクに形成されたパターンを該基板上に転写する半導体または液晶表示デバイス製造用の露光装置であって、

前記感光基板上にすでに露光されているパターンに付随する複数のアライメントマークの装置内の所定の座標系における座標位置を検出して座標位置データを取得する座標位置検出手段と、

得られた複数のデータを、該データを補正する一つまたは複数の補正パラメータを含む関数により変換することにより該座標位置データを補正する手段であって、前記補正された複数の座標位置データとそれぞれの設計上の座標位置との偏差のうちの最大の偏差値を略最小となるように前記補正パラメータを決定する座標位置データ補正手段と、

該決定された補正パラメータを用いて、前記基板にすでに形成されているパターンに対して前記マスクに形成されたパターンを重ね合わせ露光する際の基板位置の補正を行う基板位置制御手段と、

を有することを特徴とする露光装置。

【請求項7】

前記座標位置データ補正手段は前記補正パラメータを決定するに際して、重み付き最小自乗法により補正パラメータを求め、求めた補正パラメータによって計算した補正座標位置データと前記設計上の座標位置との偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことにより漸近的に前記最大偏差を略最小にすることを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】

前記座標位置データ補正手段は前記補正パラメータを決定するに際して、最大偏差の最小値の所定許容幅を設定し、前記重み付き最小自乗法を行って得た補正データと前記設計上の座標位置の最大偏差を求めたたびごとに、そのときの最大偏差と歴代最小の最大偏差とを比較し、そのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差に対する前記所定許容幅に入るか、またはそのときの最大偏差が歴代最小の最大偏差より大きくなることが所定回数連続した場合に最大偏差が略最小に達したと判断して補正パラメータを確定することを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

【請求項9】

前記補正パラメータは基板位置の横ずれ、回転、マスク上のパターンを基板上に投影する際の倍率、または基板上でのパターン配列の直交度の少なくとも一つに関わることを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項10】

露光装置の作動精度に関わる複数の量を調整する方法であって、該複数の量の測定データを取得し、該複数の量を調整する調整パラメータを含む関数により前記取得した複数のデータを変換して複数の補正データを得、該補正データのそれぞれと前記複数の量のそれぞれの理想値との偏差のうちの最大の偏差が略最小となるように前記調整パラメータを決定し、該決定された調整パラメータに基づいて装置の調整を行うことを特徴とする露光装置の調整方法。

【請求項11】

前記パラメータを決定するに際して、重み付き最小自乗法によりパラメータを求め、求めたパラメータによって計算した前記複数の補正データとその各理想値との偏差が最大となるデータの重みを大きくし、再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことにより漸近的に前記最大偏差を略最小にすることを特徴とする請求項10に記載の露光装置の調整方法。

(3)

JP 1998-22190 A5 2004.7.22

## 【請求項 1 2】

測定により得られメモリに格納された複数の一次元または多次元のデータを、一つまたは複数のパラメータを含む線形または非線形の変換関数により変換した補正データをデジタルプロセッサにより計算することにより、複数の該補正データとそれぞれのデータの理想値との偏差のうち最大のものを略最小にするようにパラメータを求める方法において、前記補正データを求めるにあたって、重み付きの最小自乗法を利用してパラメータを求め、そのパラメータによって得られる補正データのそれぞれの理想値との偏差算出し、該偏差が最大となるデータの重みを大きくして再度重み付き最小自乗法を行うことを繰り返すことによりすべての補正データとそれぞれの理想値との偏差の最大値を略最小とするように前記パラメータを決定することを特徴とするデータ補正方法。